



TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DE REGULAÇÃO TÉRMICA COMO SERVIÇO AMBIENTAL PRESTADO POR SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO OESTE DO PARÁ

Daniela Pauletto¹, Lucieta Guerreiro Martorano², José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes³, Verena Santos de Sousa⁴, Thiago Gomes de Sousa Oliveira⁴, Ádria Fernandes da Silva⁵

¹ REDE BIONORTE/UFOPA - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia/Universidade Federal do Oeste do Pará. E-mail: daniela.pauletto@ufopa.edu.br

² EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL/PPG REDE BIONORTE e PPGSND - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia e Pós-graduação Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento

³ UNESP - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

⁴ UFPR - Universidade Federal do Paraná

⁵ INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Resumo

A termografia vem ganhando novos usuários pelo potencial da tecnologia ao apontar dados quantitativos de rápida obtenção e alta aplicabilidade em diversas áreas da ciência, por ser altamente precisa, não invasiva e de fácil análise dos termogramas. O objetivo neste trabalho foi utilizar a termografia infravermelho na avaliação de regulação térmica pelos serviços ambientais, prestados por sistemas agroflorestais (SAFs), no Oeste do Pará. Foram realizadas atividades de campo para obtenção de diagnósticos termográficos no infravermelho. Para cada padrão de cor foram separados cinco tipos (solo 1, 2, 3 4, folhas e troncos), sendo coletadas 10 amostras em cada alvo, totalizando-se 240 valores de temperatura, os quais foram apresentados em forma de box-plot e utilizados na análise de variância. Verificou-se que as áreas mais quentes foram as mais expostas a incidência dos raios solares. O componente arbóreo é decisivo como regulador térmico evidenciando a importância dos SAFs como prestadores de regulação térmica. Evidentemente que estes sistemas também apontam indicadores de provisão, suporte e cultural, mas a termografia reforça o potencial de uso dessa ferramenta na certificação destas áreas na regulação térmica em ambientes antrópicos, anteriormente em vias de degradação florestal, como na área de estudo

Palavras-chave: Amazônia; SAFs; Qualidade Ambiental; Arranjos.

INTRODUÇÃO

Apesar da descoberta da radiação no infravermelho ter ocorrido em 1800 (Século XIX) a aplicação foi iniciada na segunda guerra mundial pelo exército Alemão usando câmeras em carros tanques, devido o equipamento ser muito pesado (LUZI et al. 2013). A possibilidade de uso em diferentes horários, principalmente no período noturno, foi sendo aprimorado aos equipamentos como uma excelente estratégia militar de ataque (ROGALSKI, 2011). A termografia passou a ser utilizada para prognosticar respostas térmicas na área humana (RING, AMMER, 2012), por ser uma técnica não invasiva e altamente precisa, detectando variações térmicas inclusive em multiplicação neoplásica (VIERIA; ESTEVES, 2005). Nas ciências agrárias as pesquisas com a termografia infravermelho vem crescendo (ROGALSKI, 2011, LUZI, 2013), sendo utilizadas por exemplo para apontar condições de conforto e/ou estresse térmico, respostas técnicas sobre condições de sanidade animal (BARROS et al., 2016), evidências da temperatura do solo sob condições de focos de calor comparando áreas de floresta e áreas antrópicas no oeste do Pará (SANTOS et al., 2016), condições térmicas em pastagens degradadas ao comparar com áreas vegetadas (PILATO et al., 2018) e situações de conforto térmico em ambientes com integração lavoura-pecuária-floresta em Mato Grosso do Sul (KARVATTE-JUNIOR et al., 2016), evidenciando o potencial de aplicação em diferentes áreas do conhecimento científico, pela eficácia ao detectar o calor irradiado pelos alvos associados à condições climáticas (MENEGASSI et al., 2016). O objetivo neste trabalho foi aplicar a termografia infravermelho na avaliação de regulação térmica como serviço ambiental prestado por sistemas agroflorestais no Oeste do Pará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um sistema agroflorestal (-2.68856 S, -54.53170 W) instalado na Fazenda Experimental da Universidade do Oeste do Pará (UFOPA), situada na Rodovia PA-370 (Santarém/Curuá-Una). Historicamente, essa era uma Fazenda com bovinos de corte e cria durante, aproximadamente 26 anos (1980 a 2006), mas ao passar para UFOPA já estava com 10 anos sem uso,

passando por processo de regeneração natural e predominância de vegetação secundária. O solo apresenta características típicas de Latossolo Amarelo Distrófico Argissólico, com teores de areia entre 439 e 679 g.kg^{-1} , sílica de 64 a 99 g.kg^{-1} e argila entre 234 a 479 g.kg^{-1} (ALMADA *et al.*, 2021). Em 2016 foram instalados sistemas agroflorestais com arranjos de espécies diferenciados. No processo de implantação retirou-se, parcialmente a vegetação secundária, com auxílio de motosserra e ferramentas manuais, sem o uso de queima dos resíduos vegetais, mantendo-se a matéria orgânica como cobertura do solo, controlando-se as plantas daninhas com capina e roçagem. Adotam-se práticas como adubação orgânica, sem uso de herbicidas e/ou inseticidas no controle fitossanitário. O arranjo é composto por ipê amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose), paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke), mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e ingá-xixica (*Inga heteraphylla*). No ano de 2021 foram introduzidas cacau (*Theobroma cacao*) e andiroba (*Carapa guianensis*) nas linhas e entrelinhas de plantio. Os espaçamentos variam de 8 x 8 m a 4 x 4 m. No espaço disponível entre as linhas de espécies lenhosas perenes são cultivados, eventualmente, espécies de ciclo curto como milho (*Zea mays*), feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e macaxeira (*Manihot esculenta*). Foram realizados diagnósticos termográficos sendo quatro imagens utilizadas neste trabalho, correspondentes ao dia 29/07/2021, obtidas no período entre 12h:00 e 13h:00 para obtenção de padrões nos alvos no horário de intensa carga térmica, emitida pelo sol, no sistema agroflorestal. As imagens termográficas indicam os padrões espectrais na faixa de 0,7 a 100 μm com resolução ótica de 640 x 480 pixels e 0,95 de emissividade (FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, EUA, 2015). Em cada padrão de cor no solo (vermelho, verde escuro, ciano, azul escuro), das folhas (rosa) e no tronco (azul claro/ciano) foram extraídas 10 amostras térmicas de acordo com a paleta de cores Rainbow HC, totalizando 60 pontos por imagens e 240 pontos analisados nas quatro imagens, tratadas no programa Flir (v.5;13) e elaborados box-plots, bem como a análise de variância no AgroEstat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Figura 1 (A, B, C e D) termogramas com os tipos de arranjos analisados que evidenciam que os padrões térmicos respondem aos tipos de composição do componente arbóreo no sistema.

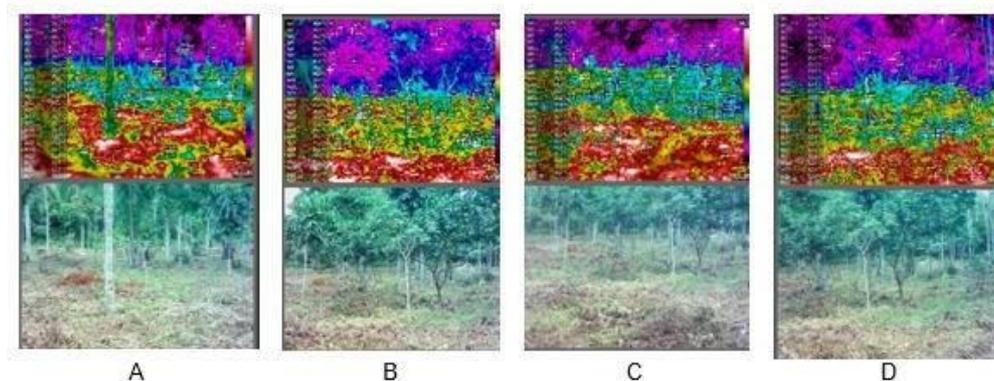


Figura 1. Imagens com respostas no comprimento de onda do infravermelho próximo e do visível em sistemas agroflorestais (A, B, C, D), no município de Santarém (Unidade da UFOPA), no oeste do Pará.

Na Figura 2 são apresentados os box-plots que expressam as respostas térmicas em cada tipo de arranjo analisado e apontam significativamente as menores temperaturas comprovando a importância da vegetação na regulação térmica com as temperaturas mais baixas. Nas áreas que apresentam maiores aberturas dos dosséis, expressando valores da ordem de 35°C no solo, enquanto sob as mesmas condições de carga térmica solar as folhas mantinham-se com valores da ordem de 31°C, confirmando o efeito atenuador de calor da vegetação. O arranjo A e o arranjo B apresentaram as maiores temperaturas médias ao comparar com os arranjos C e D, sendo estatisticamente diferentes em termos de respostas térmicas. Temperaturas mais elevadas na condição de solo mais exposto ao sol possui apontaram efeitos que diferem ao solo na condição mais a sombra, reforçando que as temperaturas no solo indicam efeitos da regulação térmica em decorrência do sombreamento pelas copas das árvores em

arranjos com SAFs. Mesmo sendo um sistema agroflorestal com matéria orgânica no solo, as áreas mais expostas ao solo apresentavam diferenças térmicas. Em quintais florestais Lobato et al. (2016) confirmaram que as temperaturas mais elevadas foram detectadas nos quintais desflorestados, evidenciando que há maiores perdas de energia para atmosfera nesses espaços abertos, sendo que o índice de conforto térmico (ITU) foi identificado nos quintais urbanos com vegetação, apontados como os locais mais agradáveis e preferidos pelos moradores, nos horários mais quentes do dia. Esses resultados também corroboram com os apresentados por Carlos et al. (2021).

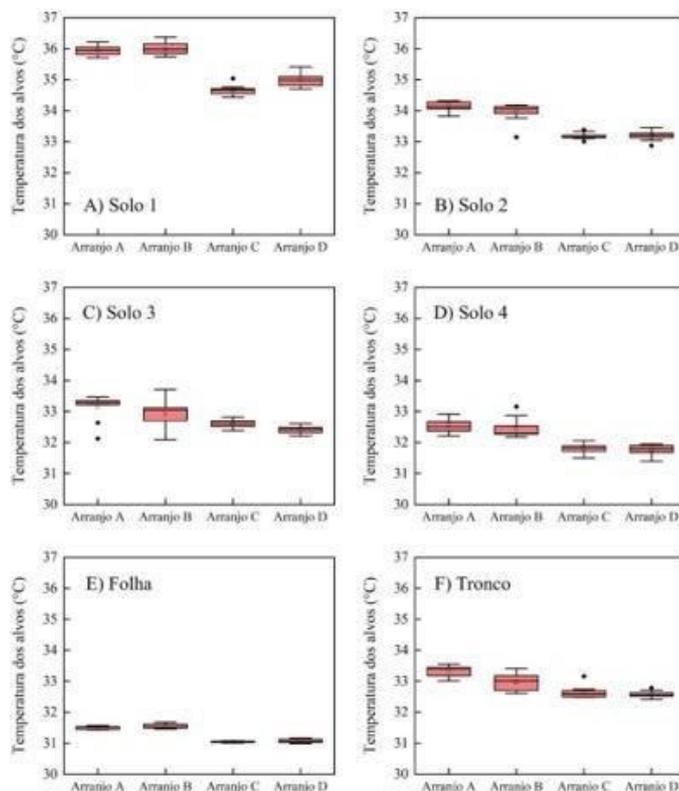


Figura 2. Box-plot evidenciando condições térmicas em Sistemas Agroflorestais no Oeste do Pará, Amazônia Oriental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões térmicos no solo são diferentes entre sim e superiores às condições de temperatura nas folhas e nos troncos das espécies que compõe determinado arranjo agroflorestal no oeste do Pará. Os SAFs apresentam potencial de serem incluídos em programas de pagamento por serviços ambientais na Amazônia, principalmente como regulação térmica pela recuperação de áreas em vias de degradação, principalmente por pastagens degradadas, como é o caso dos SAFs na área de estudo. A termografia infravermelha é uma excelente ferramenta para evidenciar este benefício ambiental dos SAFs.

REFERÊNCIAS

- ALMADA, A. P. et al. "Characterization and classification of soils from an Amazonic Biome in western Pará." *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 16.1 (2021): 1-8.
- BARROS, D. V.; SILVA, L. K. X.; KAHWAGE, P. R.; LOURENÇO JUNIOR, J. de B.; SOUSA, J. S.; SILVA, A. G. M.; MARTORANO, L. G.; GARCIA, A. R.. Assessment of surface temperatures of buffalo bulls (*Bubalus bubalis*) raised under tropical conditions using infrared thermography. *ARQUIVO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA (ONLINE)*, v. 68, p. 422-430, 2016.



CARLOS, D.; MARTORANO, L.; GASPAR, A.; FRACO, I.; SILVA, R., Uma Aplicação na Geociência da Termografia Infravermelho para Diagnosticar Padrões Térmico-Hídricos em Solos com Culturas

FLIR T650sc. Manual da FLIR T650sc Systems 6.3v. Wilsonville, OR, EUA, 2015.

Irigadas por Potes de Argila no Oeste do Pará, Amazônia, Anuário do Instituto de Geociências, v. 44, pp.1-13, 2021, DOI: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_39655

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. *International Journal of Biometeorology*, v. 60, n. 12, p.1933-1941, 2016. Doi: 10.1007/s00484-016-1180-5.

LOBATO, G J M., MARTORANO, L.G., LUCAS, F.C.A. TAVARES M., A. C. C. & JARDIM, M. A. G. 'Condições térmico-hídricas e percepções de conforto ambiental em quintais urbanos de Abaetetuba, Pará, Brasil'. *Ra & Ga, Curitiba*, vol. 38, pp. 245-68. 2016

LUZI F.; MITCHELL M.; COSTA, L. N.; REDAELLI, V. Thermography: currents status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. *Brescia, Italy: Editore a cura fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche*, 2013, p.203.

MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; DIAS, E. A.; KOETZ JR, C.; LOPES, F. G.; BREMM, C.; PIMENTEL, C.; LOPES, R. B.; ROCHA, M. K. da.; CARVALHO, H. R.; BARCELLOS, J. O. J. The uses of infrared thermography to evaluate the effects of climatic variables in bull's reproduction. *International Journal of Biometeorology*, v.60, p.151-157, 2016.

PILATO G. C., MARTORANO L. G., SILVA L. K. X., BELDINI T. P., NEVES K. A. L. Padrões de alvos em sistema pecuário extensivo diagnosticados por termografia infravermelho no Oeste do Pará. *Agroecossistemas*, v. 10, n. 1, p. 55-72, 2018.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*, v.33, n.3, p.33-46, 2012.

ROGALSKI, A. Recent progress in infrared detector technologies. *Infrared Physics & technology*, v. 54, p.136-154, 2011.

SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G.; BATALHA, S.S. A; PONTES, A. N.; SILVA JUNIOR, O. M.; WATRIN, O. S.; GUTIERREZ, C. B. B.. Imagens orbitais e termografia infravermelho na avaliação da temperatura de superfície em diferentes usos e cobertura do solo na floresta nacional do Tapajós e seu entorno- PA. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA*, v. 09, p. 1234-1253, 2016.

Agradecimentos

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil (AUXPE – PROAP 0889/2018) pelo apoio financeiro para viagens a campo. A Unidade Especial Fazenda Experimental da UFOPA pela disponibilização de espaço para instalação de base científica. Ao Instituto de Biodiversidade e Florestas pelo apoio logístico nas atividades de campo.